

Динамика стабилографических показателей участников лабораторных социально-экономических экспериментов*

А.О. Седуш^{1,a}, А.А. Захаренков^{1,b}, И.С. Меньшиков^{1,c}, О.Р. Меньшикова^{2,d}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет),

²Вычислительный центр им. А.А. Дородницына

Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

^asedush-anna@yandex.ru, ^banton.zaharenkov@phystech.edu

^civanmen@ccas.ru, ^dor.menshikova@gmail.com

Аннотация. В Лаборатории экспериментальной экономики МФТИ проводятся исследования, посвященные изучению взаимосвязи поведенческих, психологических и физиологических характеристик участников социально-экономических экспериментов. Для адекватной интерпретации результатов лабораторных исследований необходима тщательная проработка всех методов анализа междисциплинарной проблемы принятия решений в социальной среде. Данная работа посвящена описанию расчетов стабилографических показателей, характеризующих функциональное состояние участников эксперимента в процессе лабораторной игры.

Ключевые слова: стабилография, энергия, энтропия, показатель Хёрста, экспериментальная экономика

Dynamics of stabilographic indicators of participants in laboratory socio-economic experiments

A.O. Sedush^{1,a}, A.A. Zaharenkov^{1,b}, I.S. Menshikov^{1,c}, O.R. Menshikova^{2,d}

¹Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

² Dorodnicyn Computing Centre, Federal Research Institute «Informatics and Control»,
Russian Academy of Science

^asedush-anna@yandex.ru, ^banton.zaharenkov@phystech.edu

^civanmen@ccas.ru, ^dor.menshikova@gmail.com

Abstract. In the Laboratory of Experimental Economics, MIPT, research is being conducted on the relationship between the behavioral, psychological and physiological characteristics of participants in socio-economic experiments. For an adequate interpretation of the results of laboratory studies, careful study of all methods of analysis of the interdisciplinary problem of decision-making in the social environment is necessary. This work is devoted to the description of the calculations of the stabilographic indicators characterizing the functional state of the participants in the experiment in the process of laboratory game.

Keywords: stabilography, energy, entropy, Hurst index, experimental economics

Стабилография – это исследование изменения положения центра давления (ЦД) человека в течение определенного промежутка времени. Измерения проводятся с помощью стабилографического кресла с встроенным в него специальным прибором, регистрирующим

* Работа выполнена при финансовой поддержке грантом РФФИ 16-01-00633А.

положение ЦД с частотой 50 раз в секунду. Данное исследование используется для анализа функционального состояния людей, сидящих на креслах, это могут быть машинисты, операторы, в нашей лаборатории – это участники социально-экономических экспериментов (Бурнаев и Меньшиков 2009:187-204). Результатом измерений являются длинные ряды координат в трехмерной системе положения ЦД за весь период эксперимента (1 час, то есть всего 180 тысяч троек координат).

В настоящее время Лаборатория экспериментальной экономики МФТИ оснащена уникальным аппаратно-программным комплексом из 10 стабิโลграфических кресел.

При исследовании состояния участников мы учитываем, что некоторые движения мешают анализировать сигнал, поступающий с кресел, так, например, человек нажимает клавишу мыши, когда принимает решение в игре, и показатели резко изменяются, появляются посторонние шумы, которые никак не отражают изменения функционального состояния человека. Чтобы по возможности минимизировать такие помехи мы использовали дизайн эксперимента, несколько отличающийся от стандартного: перед принятием решения участнику давалось время подумать без возможности сделать выбор, по истечении этого фиксированного для всех промежутка времени на экране появлялись кнопки, и игрок мог принять решение. В итоге мы рассчитывали динамические показатели только по тем временным промежуткам, когда участник анализировал информацию и принимал решение до появления возможности нажать на клавишу.

Для анализа полученных данных мы создали программу на языке Python, которая сначала объединяет координаты в двумерный массив, затем сглаживает их с помощью скользящего окна и, наконец, вырезает из исходного непрерывного потока данных массивы, соответствующие интересующим нас промежуткам, в результате этих операций получается массив массивов. Затем вычисляются динамические показатели (Лукьянов и др. 2007:202-219).

Энергия рассчитывалась по значению квадрата модуля вектора скорости перемещения ЦД: $V^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2$

Для нахождения каждой из компонент V находились разности между всеми последовательными значениями сглаженных массивов координат.

Энергия изменения положения центра масс оценивалась по среднеквадратичному значению V^2 за время наблюдения: $\Psi = \sqrt{M^2 + S^2}$, где M и S^2 – среднее значение и дисперсия V^2 . Показатель Ψ характеризует изменения энергии за период анализа с учетом динамических колебаний (быстрых компонент перемещения) и постоянной составляющей (медленных компонент).

Устойчивость изменения энергии за время регистрации оценивалась при помощи показателя Хёрста (Hurst), определяемого для V^2 . Показатель Хёрста – один из многих параметров фрактального анализа.

Как известно, показатель Хёрста равен 0.5 для случайного процесса с независимыми приращениями. Последовательности, для которых показатель Хёрста больше 0.5, считаются персистентными – они сохраняют имеющуюся тенденцию, то есть возрастание в прошлом более вероятно приводит к возрастанию в дальнейшем. В нашем случае в таких ситуациях будут типичны всплески энергии, существенно превышающие средний уровень. Если показатель Хёрста меньше 0.5, то колебания энергии будут наблюдаться вокруг среднего уровня.

Классический R/S анализ Хёрста для массива данных X длины N производится следующим образом:

- Нормализуем данные, вычитая из каждого элемента X математическое ожидание X .

- Составим массив из кумулятивных сумм X : $Y_i = \sum_{j=1}^i X_j$ для $i = 1, \dots, N$
- Найдем размах X : $R = \max\{Y_1, \dots, Y_n\} - \min\{Y_1, \dots, Y_n\}$
- Рассчитаем R/S : $R/S = \frac{R}{Sd(X)}$ где $Sd(x)$ – стандартное отклонение
- Вычислим показатель Хёрста методом классического R/S анализа: $H = \frac{\log(R/S)}{\log(N)}$

Энтропия перемещения центра масс вычисляется следующим образом. Разделим диапазоны перемещения центра масс по всем трем координатам на n отрезков. Получим n^3 ячеек. Пусть P_i – частота попадания центра масс в ячейку i . Тогда энтропия определяется величиной: $H = -\sum_i P_i \log_2(P_i)$, где суммирование идет по ячейкам с ненулевой частотой.

Из-за принципиальной невозможности определения всех факторов влияния на перемещение ЦД эмпирически принято считать, что $n = \sqrt{T}$, где T – количество точек экспериментального ряда. В условиях данного эксперимента (время квантования 10-15 сек.) энтропия не превосходит величины $\log_2(750) \approx 9.59$. Сами значения энтропии в условиях данного эксперимента можно трактовать так: если смещение ЦД мало, то и энтропия мала. Предельный случай отсутствия движения характеризуется нулевой энтропией. Напротив, когда разброс велик, и можно сказать, что любое положение ЦД равновероятно, энтропия велика и стремится к своему максимуму $\log_2(750) \approx 9.59$ – белый шум. Если $\frac{dH}{dt} > 0$, то есть энтропия увеличивается в ходе эксперимента, то система стремится к состоянию с максимумом энтропии, то есть к белому шуму. Если же $\frac{dH}{dt} < 0$, то система находится в состоянии самоорганизации, в ней возникает и развивается некая упорядоченность.

Созданная программа получает на вход три матрицы (изначально прибор записывает все координаты отдельными файлами) размером: 1 на 180000, а результатом являются три матрицы (отдельная для каждого показателя) размером: количество участников (в наших экспериментах их было 10) на количество периодов (10-15).

Программа позволяет находить нужные динамические показатели для анализа состояния участников в любых экспериментах, где время на обдумывание и принятие решения разделяется с моментом нажатия клавиш или другими физическими действиями. Рассчитываемые показатели в свою очередь помогают определить по функциональному состоянию участников интенсивность когнитивной нагрузки (Бабкина и др., 2016).

Литература

Бабкина Т.С., Гришкова Е.А., Захаренков А.А., Меньшикова О.Р., Меньшиков И. С., Седуш А.О. 2016. Исследование лабораторной игры Collective Action: психофизиологические и гендерные аспекты // 59-я Всероссийская научная конференция МФТИ. Тезисы. МФТИ. Долгопрудный. http://conf59.mipt.ru/static/reports_pdf/1559.pdf (дата обращения 30.05.2017).

Бурнаев Е.В., Меньшиков И.С. 2009. Модель функционального состояния участников лабораторных рынков // Изв. РАН. ТиСУ. № 6. – С. 187-204.

Лукьянов В.И., Максакова О.А., Меньшиков И.С., Меньшикова О.Р., Чабан А.Н.
2007. Функциональное состояние и эффективность участников лабораторных рынков // Изв. РАН. ТиСУ. № 6. – С. 202-219.

Сведения об авторах

Седуш Анна Олеговна

Аспирант Московского физико-технического института (государственного университета),
Долгопрудный, Московская область

sedush-anna@yandex.ru

Захаренков Антон Александрович

Студент Московского физико-технического института (государственного университета),
Долгопрудный, Московская область

anton.zaharenkov@phystech.edu

Меньшиков Иван Станиславович

Ведущий научный сотрудник Вычислительного центра им. А.А. Дородницына Федерального
исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук,
Москва.

Доцент кафедры «Анализ систем и решений» Московского физико-технического института
(государственного университета), Долгопрудный, Московская область

ivanmen@ccas.ru

Меньшикова Ольга Ростиславовна

Доцент кафедры «Анализ систем и решений» Московского физико-технического института
(государственного университета), Долгопрудный, Московская область

Доцент кафедры «Корпоративное управление» Российской Академии народного хозяйства и
государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва.

or.menshikova@gmail.com